REVUE SUISSE DE ZOOLOGIE
Tome 77, fasc. 2, n° 19: 283-291. — Juin 1970

Färbungsunterschiede zwischen Sorex araneus Linnaeus 1758 und Sorex gemellus Ott 1968

(Mammalia, Insectivora) *

von

Jürg OTT und Jürgen OLERT
Glärnischstr. 28, 8810 Horgen, Schweiz
und
Verweyenstrasse 20, 53 Bonn, Bundesrepublik Deutschland

Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen

INHALT

1. EINLEITUNG

Die Diagnose der Art *Sorex gemellus* wurde von Ott (1968: 64) folgendermassen gegeben: « *Sorex* art., die in den meisten Merkmalen morphologisch un-

* Die Kosten der Feldarbeit wurden von Herrn Prof. von Lehmann, Bonn, getragen, dem an dieser Stelle herzlich dafür gedankt sei.

unterscheidbar ist von *Sorex araneus* L. 1758. Im Vergleich mit dieser hat *Sorex gemellus* jedoch 1. einen eindeutig verschiedenen Karyotyp (...), 2. einen kürzeren Schädel und 3. einen kürzeren Schwanz. » Dass *S. gemellus* und *S. araneus* zwei Arten sind, ergab sich aus dem Nachweis, dass auch bei engstem Zusammenleben keine Bastarde zwischen den zwei Gruppen auftreten.

Schon 1955 berichtete v. LEHMANN von zwei äusserlich gut unterscheidbaren Formen von *Sorex araneus* im Rheinland (OTT hatte diese Arbeit leider übersehen): der "helle Typ" ist deutlich kleiner als der "dunkle Typ". Es hatte sich zudem gezeigt, dass die beiden Formen auch räumlich etwas getrennt sind, wenn auch die meisten untersuchten Gebiete anscheinend von beiden Formen gemeinsam bewohnt sind.

BAUER griff 1960 diese Beobachtung v. LEHMANNS auf und vermutete, es handle sich beim "kleinen, hellen" Typ um eine neue Art, die der noch nicht sehr lange von *S. araneus* unterschiedenen *Sorex arcticus* nahestehe. v. LEHMANN zeigte aber 1968 in einer morphologischen Untersuchung, dass zwischen *Sorex arcticus* und dem "kleinen, hellen" Typ doch relativ grosse Unterschiede bestehen.

OLERT zeigte 1969 quantitativ, dass bei *Sorex araneus* ein Zusammenhang besteht zwischen Grösse und Färbung. Auf Grund der Helligkeit der Flanken hatte er 53 in verschiedenen Gebieten Deutschlands gefangene Tiere in 3 Klassen eingeteilt (I: Flanken gleich hell wie Bauch; II: Flanken dunkler als Bauch, aber heller als Rücken; III: Flanken annähernd so dunkel wie Rücken). Die Schädel der Tiere I/II waren deutlich kürzer als die der Tiere III. Im weiteren war kein Zusammenhang festzustellen zwischen Färbung und Umwelt.

Es stellt sich nun die Frage, ob vielleicht *Sorex gemellus* identisch ist mit dem "kleinen, hellen" Typ. Herr Prof. von Lehmann regte in einem Brief an Ott an, es sollten Tiere von beiden Arten im Winterfell gefangen und auch cytologisch analysiert werden (im Winterfell sind die Unterschiede zwischen "hell" und "dunkel" am deutlichsten). Wir wählten als Fanggebiet eine Gegend, in der sicher beide Arten gefangen werden können (Val d'Illiez für *Sorex gemellus* und Champéry für *Sorex araneus*; das sind Fanggebiete von OTT, 1968).

2. FANGERGEBNISSE

In der Zeit vom 4.—8. April 1969 wurden mit Schlag- und Kastenfallen 16 Waldspitzmäuse gefangen (Tab. 1). Die Distanz zwischen den beiden Fanggebieten beträgt 3.35 km (Luftlinie).

Von den 11 lebenden Tieren wurden Chromosomenpräparate gemacht (Milz und Hoden; Methodik in OTT, 1968). Die Felle wurden folgendermassen präpariert: die frischabgezogenen Häute werden auf der Bauchseite vom After bis zum Mund aufgeschnitten und mit Nadeln flach ausgespannt.

TABELLE 1

Fangorte und Fangergebnisse.

Ort	Geogr. Länge und Breite	Schweizer Koordinaten	Höhe über Meer	Gefangene Tiere
Val d'Illiez . . .	6° 54.0196′ E 46° 12.4194′ N	558.38/ 117.30	791 m	3 ♂♂, 2 ♀♀ (wovon 1 ♀ trächtig mit 7 Embryonen)
Champéry . . .	6° 52.6765′ E 46° 10.8649′ N	556.63/ 114.45	910 m	6 ♂♂, 5 ♀♀

3. MORPHOLOGISCHE UND CYTOLOGISCHE KLASSIERUNG

OLERT ordnete nach seiner Erfahrung in Deutschland die Tiere in "helle, kleine" und „dunkle, grosse", während Ott die Chromosomenpräparate interpretierte (Tab. 2). Von den 5 in Schlagfallen tot gefangenen Tieren wurden keine Chromosomenpräparate gemacht; 2 Tiere lieferten keine schönen Chromosomenbilder und liessen sich daher cytologisch nicht eindeutig bestimmen. 8 Tiere liessen sich sowohl morphologisch als auch cytologisch eindeutig charakterisieren. Tabelle 3 zeigt diese 8 Tiere in einer Vierfeldertafel. Die Nullhypothese der Unabhängigkeit der 2 Einteilungskriterien hat im Fisher-Test nur eine Wahrscheinlichkeit von 0.036, d.h. ein Zusammenhang zwischen morphologischen und cytologischen Einteilungskriterien ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3.6% mässig gut gesichert.

TABELLE 2

Morphologische ('Typ') und cytologische ('Art')
Bestimmung der gefangenen Waldspitzmäuse.
H = klein, hell D = gross, dunkel
A = *S. gemellus* B = *S. araneus*
— = keine cytologische Untersuchung
? = Resultat unsicher

Tier Nr. . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Geschlecht . .	♂	♀	♂	♂	♀	♀	♂	♂	♀	♂	♂	♀	♀	♂	♂	♀
Typ	H	H	D	H	H	H	D	D?	D	D	H?	D?	D	D	D	D
Art	A	A	B	A	—	—	B	B	B	B	—	—	—	B	?	?

Tabelle 3

Verteilung der 8 morphologisch und cytologisch eindeutig bestimmten Tiere auf die 4 möglichen Klassen (Symbole wie in Tab. 2).

Morphol. \ Cytol.	A	B
H.	3	0
D.	0	5

Diese Vierfeldertafel lässt sich übrigens auch mit χ^2 auswerten. Nach verschiedenen Empfehlungen sollte zwar kein Erwartungswert wesentlich unter 5 liegen, wenn χ^2 nur *einen* Freiheitsgrad besitzt, und hier betragen die Erwartungswerte 1.125, 1.875, 1.875 und 3.125. Nun haben aber Lewontin und Felsenstein (1965) in einer Monte Carlo-Untersuchung unter anderem gezeigt, dass der χ^2-Test immer konservativ ist (d.h. die wahre Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner oder gleich gross wie die tabellierte), solange kein Erwartungswert unter 1 sinkt. Die Berechnung unserer Tafel (mit Yates' Korrektur für Kontinuität) ergibt einen χ^2-Wert von 4.302. Die entsprechende Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt 0.038 (exakt berechnet) in erstaunlich guter Uebereinstimmung mit dem oben erhaltenen Wert von 0.036.

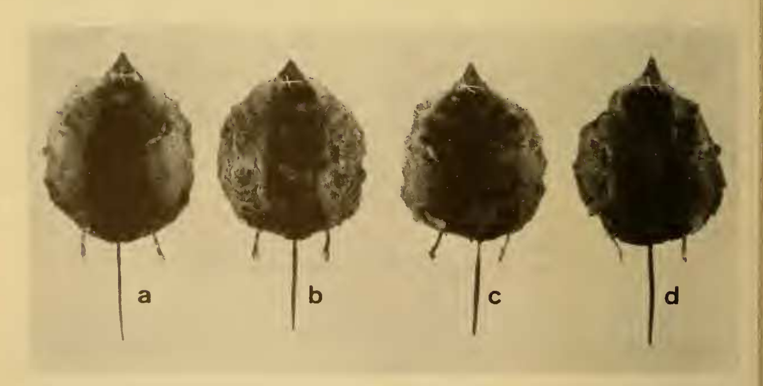


Abb. 1

Felle von in Val d'Illiez/Champéry gefangenen Waldspitzmäusen.
a = *S. gemellus* (Sommerfell)
b = *S. gemellus* (Winterfell)
c, d = *Sorex araneus* (Winterfell)

Damit lässt sich sagen, dass der “kleine, helle” Typ v. LEHMANNS (1955) wahrscheinlich identisch ist mit *Sorex gemellus*. Abb. 1 zeigt Felle beider Arten.

Die Felle adulter Tiere der zwei Arten lassen sich folgenderweise charakterisieren (alle Farbangaben nach RIDGWAY, 1912):

Sorex araneus:

Winter: Oberseite Clove Brown bis Seal Brown (in einigen Fällen fast schwarz). Bauchseite Pale Smoke Gray. Durch die relativ breite Rückenzone erscheint das Tier dunkel.

Sommer: Kein adultes Tier im Sommerkleid vorhanden.

Sorex gemellus:

Winter: Oberseite Clove Brown bis Light Seal Brown. Bauchseite (in einigen Fällen fast weiss) Pale Olive Buff bis Pale Smoke Gray. Durch die relativ schmale Rückenzone erscheint das Tier hell.

Sommer: Oberseite Clove Brown. Bauchseite Smoke Gray, schwach bräunlich überhaucht.

4. JUNGTIERE AUS FRÜHEREN FÄNGEN

Bei vielen adulten Tieren lässt sich offenbar auf Grund der Helligkeit der Seitenfärbung erkennen, um welche Art es sich handelt. Um diese Verhältnisse auch bei Jungtieren zu prüfen, wurden die Bälge der früher unterhalb von Frenières (punktiertes Gebiet auf Abb. 5 in OTT, 1968) gefangenen Waldspitzmäuse nochmals ins Wasser gelegt und ebenso flach präpariert wie die vorliegenden Felle aus Val d’Illiez. Die drei Jahre alten Häute liessen sich natürlich nicht mehr so gut ziehen wie die frischen.

Tatsächlich zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen den zwei Arten (vgl. Abb. 2):

Sorex araneus: Oberseite Bister bis Mummy Brown. Bauchseite fast weiss (meist heller als Pale Pinkish Buff).

Sorex gemellus: Oberseite Bister bis Mummy brown. Bauchseite Snuff Brown (dunkel) bis Pinkish Buff (hell).

Durch den auffälligen Kontrast zwischen Ober- und Bauchseite bei *S. araneus* gelang eine Artentrennung meist auf Anhieb. Interessant ist die Tatsache, dass im adulten Stadium *S. gemellus* kontrastreicher gezeichnet ist (siehe auch Abb. 1).

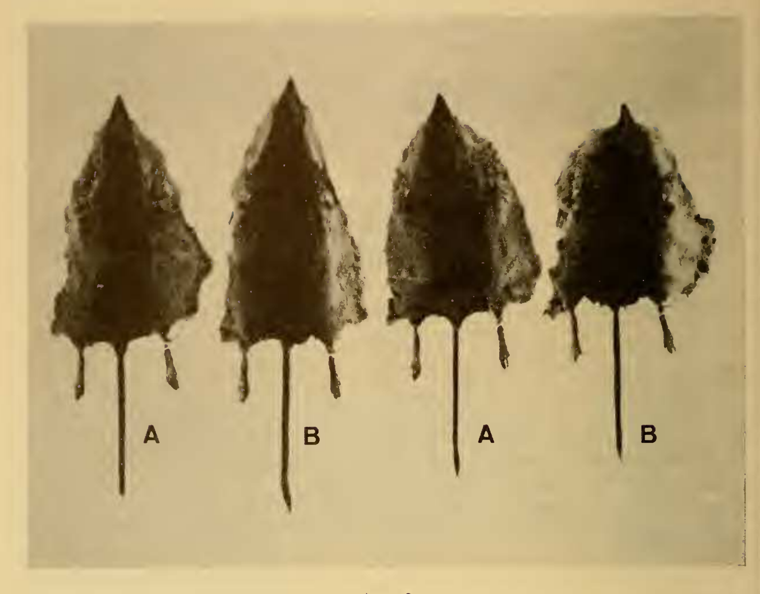


ABB. 2

Felle von Jungtieren, 1966 unterhalb von Frenières gefangen.
A = *S. gemellus* B= *S. araneus*

5. TRENNWIRKUNG EINZELNER MERKMALE

Jetzt interessiert natürlich, ob es möglich ist, mit Hilfe irgend einer am Fell gemessenen Länge die beiden Arten voneinander zu unterscheiden. Zu Vergleichszwecken wurden noch zwei Körpermasse dazugenommen. In Tabelle 4 sind die Mittelwerte folgender Masse angegeben:

CB = Schädellänge (mm), gemessen vom Vorderrand der Zahnhöhlen der ersten Schneidezähne bis zum Hinterrand der Hinterhauptsgelenkhöcker.
Sch = Schwanzlänge (mm).
a = Breite der dunklen Rückenzone (mm).
a.c = Breite der Rückenzone relativ zum Bauchumfang c (100 a/c in %).
a.l = Breite der Rückenzone relativ zur Kopfrumpflänge 1 des Tieres (100 a/l in %).

TABELLE 4

Tierzahlen und Mittelwerte der gemessenen Merkmale (Symbole vgl. Kap. 5).
* dieses Mittel wurde aus 5 Werten berechnet, da ein Schädel zertrümmert ist.

	Sorex gemellus aus				Sorex araneus aus			
	Frenières		Val d'Illiez		Frenières		Val d'Illiez	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
n	6	6	2	3	6	5	6	2
CB	19.62*	19.55	19.35	19.27	19.95	19.74	19.78	19.95
Sch	44.4	45.0	41.8	46.7	49.3	46.4	47.1	47.8
a	18.2	16.9	26.3	27.7	18.8	19.4	30.0	28.8
a.c	40	39	40	44	44	40	47	51
a.l	30	28	41	44	31	33	48	52

In die Berechnungen wurden auch diejenigen Tiere einbezogen, deren Karyotyp nicht bestimmt werden konnte, die aber auf Grund der Färbung eindeutig einer der 2 Arten zugeordnet werden können.

Für jedes Merkmal lässt sich in einer 3-fachen Varianzanalyse berechnen, wie stark es beeinflusst ist durch die 3 Faktoren:

O = Ort (Frenières — Val d'Illiez) Dieser Faktor schliesst auch die unterschiedliche Präparation der Felle ein.
A = Art *(S. aran. — S. gemellus).*
S = Geschlecht (♂ — ♀).

Es treten nicht in jeder Kombination gleich viele Tiere auf. Da die exakte Berücksichtigung dieser Tatsache ziemlich aufwendig ist, wurde die Analyse nach einer approximativen Methode von SCHEFFÉ (1967: 362) berechnet. In Tabelle 5 sind die F-Werte (Varianzen-Quotienten) der Haupt- und Wechselwirkungen angegeben (Freiheitsgrade: $n_1 = 1$, $n_2 = 28$, resp. 27 für Merkmal CB). Signifikanz (d.h. gesicherter Einfluss der entsprechenden Wirkung) liegt vor, wenn $F >$ ca. 4.2 (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 5\%$) resp. $F >$ ca. 7.7 ($p = 1\%$). Diese Grenzen sind allerdings wegen der Verschiedenheit der Varianzen nicht ganz zuverlässig; sie sollen daher nur als ungefähre Richtlinien gelten.

Aus Tabelle 5 lassen sich folgende Schlüsse ziehen: die Merkmale a, a.c und a.l eignen sich nicht gut zur Trennung der Arten, weil sie stark von der Präparationsmethode der Felle abhängen (das ist hier die Hauptbedeutung des Faktors "Ort"). Die Vergleichsmerkmale CB und Sch trennen die Arten relativ gut und sind unabhängig von der Herkunft der Tiere (die hohen Wechselwirkungen bei Sch sind wohl zufallsbedingt); immerhin wird — wie schon früher festgestellt

(OTT, 1968) — dabei keine vollständige Trennung erreicht. Dafür wird wohl eine lineare Kombination mehrerer Merkmale nötig sein (Diskriminanzanalyse). Keine der gemessenen Grössen gibt irgendeinen Anhaltspunkt für einen Geschlechtsdimorphismus (Faktor "Sex").

TABELLE 5

Varianzenquotient F in der Varianzanalyse mit den 3 Faktoren Ort, Art und Sex (Symbole der Merkmale siehe Kap. 5). Signifikanzschranken von F: 4.2 (5%) resp. 7.7 (1%).

	F-Werte für die Merkmale				
	CB	Sch	a	a.c	a.l
O = Ort	1.1	0.5	102.7	7.1	54.2
A = Art	11.5	21.8	4.2	7.0	5.9
S = Sex	0.2	1.4	0.0	0.4	0.4
Wechselwirkungen OA	1.5	0.0	0.2	1.5	1.0
Wechselwirkungen OS	0.6	8.4	0.0	3.6	0.6
Wechselwirkungen AS	0.0	8.1	0.0	0.1	0.2
Wechselwirkungen OAS	0.6	0.1	1.3	0.1	0.2

6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Fühling 1969 wurden in der Gegend von Val d'Illiez/Champéry (Wallis, Schweiz) 16 Waldspitzmäuse gefangen. Die cytologische und morphologische Untersuchung zeigte, dass die von v. LEHMANN 1955 zuerst beschriebene "kleine, helle" Form der Waldspitzmaus in Deutschland wahrscheinlich identisch ist mit *Sorex gemellus*, während *Sorex araneus* der "grossen, dunklen" Form entspricht. Tabelle 3 zeigt, dass eine Einteilung der Tiere in beide Formen und damit eine Artbestimmung nach Merkmalen der Färbung im allgemeinen gut möglich ist; der Versuch, durch metrische Erfassung der Färbungsmerkmale eine Artentrennung zu erreichen, erbrachte noch keine befriedigende Lösung.

Eine Ausdehnung der Untersuchung auf früher gefangene Jungtiere ergab, dass bei diesen noch grössere Unterschiede in der Fellfärbung bestehen, die es gestatten, einen grossen Teil der Jungtiere sicher der einen oder anderen Art zuzuordnen.

7. SUMMARY

In spring 1969, in the neighbourhood of Val d'Illiez/Champéry (Switzerland; coordinates in table 1), 16 common shrews were caught and classified by the following two methods, each method leading to two groups: 1) cytologically separated into the 2 species *Sorex araneus* and *Sorex gemellus* (OTT, 1968) (5 animals

were dead and could not be used; two others did not give a definite result); 2) morphologically separated into "large, dark" and "small, light" (this differentiation was first observed by v. LEHMANN, 1955, in West Germany).

According to both criteria, 8 animals could be clearly classified (see the 2 × 2 table, tab. 3). In the Fisher Test the null hypothesis of independence between the two methods has a (two-sided) probability of 3.8%; this implies that the "small, light" group is probably identical with *Sorex gemellus*.

A determination of the species on the basis of the colour is in general possible (see figure 1). The attempt to classify by means of measured colour characteristics did not give a satisfactory result (see analysis of variance in table 5; factors: O = 2 locations of capture with different skinning methods in each location, A = 2 species, S = 2 sexes; measurements: CB = length of cranium, Sch = tail length, a = width of the dark zone on the back, a.c = a.100/(circumference of the body), a.l = a.100/(body length without tail)).

An extension of these methods to the young animals caught 1966 in Frenières (OTT, 1968) gave even a larger difference in the fur colours allowing classification of most of the young animals into the 2 species (see figure 2).

8. LITERATUR

BAUER, K. 1960. *Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Oesterreich)*. Bonn. zool. Beitr. 11: 141-344.

LEHMANN, E. v. 1955. *Ueber die Untergrundmaus und Waldspitzmaus in NW-Europa*. Bonn. zool. Beitr. 6: 8-27.

— 1968. *Zum Sorex arcticus-Problem in Westeuropa*. Säugetierkundl. Mitt. 16: 259-261.

LEWONTIN, R. C and J. FELSENSTEIN. 1965. *The robustness of homogeneity tests in 2 × N tables*. Biometrics. 21 (1): 19-33.

OLERT, J. 1969. *Fellzeichnung und Grösse rheinischer Waldspitzmäuse (Sorex araneus) (Mamm.-Insectivora)*. Decheniana (Bonn). 122: 123-127.

OTT, J. 1968. *Nachweis natürlicher reproduktiver Isolation zwischen Sorex gemellus sp. n. und Sorex araneus Linnaeus 1758 in der Schweiz (Mammalia, Insectivora)*. Rev. suisse Zool. 75: 53-75.
Auf S. 64 dieser Arbeit ist ein *Rechenfehler* zu korrigieren: "r = 0.07" statt "r = 0,03" in Zeile 14; "7" statt "3" in Zeile 15.

RIDGWAY, R. 1912. *Color standards and color nomenclature*. Washington D. C.

SCHEFFÉ, H. 1967. *The analysis of variance*. John Wiley.